

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **03153828 A**

(43) Date of publication of application: **01.07.91**

(51) Int. Cl

**C21D 9/50**  
**B23K 9/00**  
**B23K 15/00**

(21) Application number: **01291455**

(22) Date of filing: **09.11.89**

(71) Applicant: **NIPPON STEEL CORP**

(72) Inventor: **OKITA SHIGERU**  
**SAKURAI HIDEO**  
**OGAWA TADAO**

**(54) IMPROVEMENT OF CREEP STRENGTH IN WELD ZONE**

**(57) Abstract:**

**PURPOSE:** To improve creep strength at a welded joint by welding a martensitic steel and a ferrite-martensite steel at specific bond line angle and specific softened region width and further carrying out heat treatment so that specific hardness is reached.

**CONSTITUTION:** At the time of welding a martensitic stainless steel and a ferrite-martensite steel, the angle of bond line is limited so that bond lines between a base metal and a weld metal in respective layers form angles of 70-90° with respect to the surface of a steel

plate. Further, a weld zone in which the width of a region more softened than the base metal due to welding and postheat treatment is regulated so that it is smaller than the plate thickness in the weld zone is formed. Moreover, heat treatment is carried out so that Vickers hardness in the softened region and Vickers hardness in the weld metal satisfy an inequality  $WMHv^3HAZHv+20$  (where  $WMHv$  and  $HAZHv$  represent Vickers hardness in the weld metal and Vickers hardness in the softened region, respectively). By this method, creep strength in the weld zone can be improved, and a welded joint usable at high temp. for a long time can be obtained.

**COPYRIGHT:** (C)1991,JPO&Japio

⑨ 日本国特許庁 (JP) ⑩ 特許出願公開  
⑪ 公開特許公報 (A) 平3-153828

⑫ Int. CL.<sup>5</sup>  
C 21 D 9/50  
B 23 K 9/00  
15/00

識別記号 101 B  
庁内整理番号 8015-4K  
7059-4E  
7920-4E

⑬ 公開 平成3年(1991)7月1日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 溶接部のクリープ強度改善方法

⑮ 特 願 平1-291455

⑯ 出 願 平1(1989)11月9日

⑰ 発明者 大 北 茂 神奈川県相模原市淵野辺5-10-1 新日本製鐵株式会社  
第二技術研究所内  
⑱ 発明者 櫻 井 英 夫 神奈川県相模原市淵野辺5-10-1 新日本製鐵株式会社  
第二技術研究所内  
⑲ 発明者 小 川 忠 雄 神奈川県相模原市淵野辺5-10-1 新日本製鐵株式会社  
第二技術研究所内  
⑳ 出願人 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号  
㉑ 代理人 弁理士 秋沢 政光 外1名

明細書

1. 発明の名称

溶接部のクリープ強度改善方法

2. 特許請求の範囲

マルテンサイト系およびフェライト・マルテンサイト系鋼の溶接に際し、各層毎の母材と溶接金属との溶融境界が鋼板表面に対し70°-90°の角度をなし、かつ溶接および後熱処理により母材よりも軟化した領域の幅がその溶接部の板厚以下となるような溶接部を形成させ、かつ軟化した領域及び溶接金属のビッカース硬さが下式を満たすように熱処理を行うことを特徴とする溶接部のクリープ強度改善方法。

HHBv ≦ HAZBv + 20

但し HHBv: 溶接金属のビッカース硬さ

HAZBv: 軟化した領域のビッカース硬さ

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明はポイラー、原子力容器など、高温にて使用される材料の溶接部のクリープ強度を改善す

る方法に関する。

(従来の技術)

最近ポイラー、高速増殖炉等に使用される鋼材の使用温度は上昇する傾向にあり、9%Cr-1%Ni鋼などの高Cr鋼が候補材料として開発されてきている。これらの鋼材の溶接には、従来被覆アーク溶接、TIG溶接、サブマージアーク溶接等のアーク溶接が主として用いられている。

(発明が解決しようとする課題)

ところでこの溶接に際して、溶接熱影響部(HAZ)において軟化する領域が生じ、その部分は短時間あるいは低強度で破断することに問題があった。すなわち溶接金属では適正な成分設計、母材では成分設計および圧延、熱処理により良好な特性を得るよう考慮が払われているものの、HAZにおいては溶接熱により組織が変化して、目的とするクリープ強度が得られないという問題があった。

本発明は、溶接部の HAZの形状と軟化域の幅及び溶接金属と HAZ軟化域の硬さを制限することにより、溶接縫手部のクリープ強度を改善する方法

を提供する。

(課題を解決するための手段)

本発明者らは、クリープ強度改善に關し種々の検討を行った結果、溶接部の HAZの形状と硬さ分布の制御により、クリープ強度を改善できることを見いだしたものである。その要旨は、マルテンサイト系およびフェライト・マルテンサイト系鋼の溶接に際し、各層毎の母材と溶接金属との溶融境界が鋼板表面に対し70°～90°の角度をなし、かつ溶接により母材よりも軟化した領域の幅がその溶接部の板厚以下となるような溶接部を形成させ、かつ軟化した領域及び溶接金属のピッカース硬さが下式をみたすように熱処理を行う溶接部のクリープ強度改善方法にある。

$$HMBv \geq HAZBv + 20$$

但し  $HMBv$  : 溶接金属のピッカース硬さ

$HAZBv$  : 軟化した領域のピッカース硬さ

(作用)

以下作用とともに本発明を詳細に説明する。

本発明の対象とする鋼は、マルテンサイト系お

よびフェライト・マルテンサイト系のものであり、溶接により HAZ部において母材よりも軟化する領域を形成する成分系の鋼である。通常溶接継手部のクリープ強度は、Crを含有することで耐酸化性を有し、かつ常温での引張強さが大きいものの方が高くなる傾向がある。したがって HAZの硬さが母材より硬化する成分系では、クリープ試験時の破断が当然母材で起こることになり、本発明の対象とならない。この点から鋼種は上記のものとした。

次に溶接部の形状については、その軟化域の幅が広くなり過ぎると目的とするクリープ特性が得られないため、その幅を規定する。通常溶接部は、そのミクロ的な組織の特徴から、溶接金属、HAZおよびそれにつながる母材に分類される。ここでいう軟化域とは、母材よりも硬さの小さい領域を意味するものであり、通常 HAZの中の一部に含まれるものであるが、溶接後の熱処理によってその幅が若干広がり、 HAZ幅とほぼ同等となることから、軟化域と HAZ幅とは同意義として以下説明す

る。

第1図は、9%Cr-1%Mo鋼に対し電子ビーム溶接法により全板厚を1バスにて貫通する HAZ幅の異なる継手を作成し、6mmの継手クリープ試験において $14\text{kgf/mm}^2$ の引張り荷重をかけた場合の破断時間と HAZ幅の関係を示した図面である。クリープ強度(破断時間)は、HAZ幅の増加とともに減少する傾向を示している。またクリープ試験片の直径と HAZ幅が同じになった時点(6mm)でクリープ破断時間は大きく低下し、TIG溶接の場合とほぼ同等の値に近づいている。このことから、HAZ幅はクリープ試験片の直径以下と限定する。

また第2図は、溶接時に電子ビームの入射角度を変えて溶接したものについて、同じ引張り荷重にてクリープ破断試験を行った結果を示したものである。溶融境界の鋼板表面に対するボンド角が90°から小さくなると、破断時間が短くなっていく、特に70°を越えて小さくなると、急激に破断時間が短くなることが観察される。したがってボンド角を70°から90°の範囲に限定した。

以上の点から実際の構造物においては、板厚そのものでのクリープ強度を評価することとなるが、この場合にもボンド角を70°から90°とし、その HAZ幅を板厚以下となるような条件にて溶接すれば同等の結果が得られることは明白である。

以上のような現象は、HAZ軟化部の変形が硬い溶接金属部、あるいは母材により拘束されることに起因していることは明らかである。すなわちクリープ時に働く最大の応力は、主応力(引張り)方向に対し45°をなす剪断応力であり、この方向に転位が働くことにより変形が進行する。硬い溶接金属および母材が変形しないと考えると、その表面から45°の方向にすべりが生じてくびれが発生する。

第3図(a)～(d)は溶接部の形状と破断の形態を示す模式図であり、図において1は母材、2は溶接金属、3は HAZ軟化域、4は転位スリップ面である。

第3図(b)は HAZ軟化域3の幅が広い場合の破断の形態を示しており、また第3図(c)は HAZ軟

化域3の幅が狭い場合の破断の形態を示しているが、図のように軟化域3の幅が母材1の板厚よりも小さければ、強度の高い母材部分が軟化域3を拘束することとなり、クリープ強度は向上する結果になる。第3図(d)は HAZ軟化域3が傾斜している場合の破断の形態を示しているが、このように溶接金属2のボンドが鋼板表面に対して傾いている場合には、表面の溶融境界からの45°ラインが軟化域3を貫通する条件となるため、破壊が斜行するモードとなり、その結果クリープ強度は軟化域の特性に支配されるため低下する。

溶接後は、韌性改善、応力除去を目的に焼純処理を行う場合が多い。この熱処理条件によっては溶接金属強度が母材と同等もしくは下回ることがあり、その場合には当然クリープ時に HAZもしくは溶接金属において破断する。通常熱処理の程度は、焼戻し指数として知られている Larson Miller パラメーター(TP)の値により記述されるが、第4図は、9%Cr-1Mo鋼の電子ビーム溶接部を種々の条件により熱処理を行った場合の軟化域と溶接

果第5図が得られ、TPの値をCr量の関数で表した次の値の範囲内と規定することも可能である。

$$TP < 0.25 \times Cr(\text{wt\%}) + 19.5$$

但し  $TP = T(20 + \log t) \times 10^{-3}$  T: 温度 (°K)  
t: 時間 (hrs)

#### (実施例)

第1表に使用した鋼の化学成分を示す。これらの鋼板はボイラー、化学反応容器など高温にて使用される鋼であり、それぞれ 2-1/4Cr-1Mo、3Cr、9Cr-1Mo鋼である。

溶接条件を第2表に、またそれぞれの溶接法における開先形状を第6図(a) ~ (f) に示した。溶接法は電子ビーム溶接法(EBW)を主として、サブマージアーチ溶接(SAW)、手溶接(SMAW)、TIG、MIG 及びレーザビーム溶接(LBW)を用いた。参考のために得られた溶接金属の化学成分例を第3表に示した。第4表はクリープ試験結果をまとめた表である。EBW、TIG 及びLBW については 9Cr-1%Mo鋼、SAW 及びMIG については 3%Cr-1%Mo鋼、SMAW は 2-1/4%Cr-1%Mo鋼の溶接維手

金属の硬さの差 ( $\Delta Hv$ ) および破断位置を示した図面である。これより溶接金属の硬さが軟化域よりもビッカース硬さ ( $Hv$ ) にて20以上の差があれば破断が母材にて生じていることがわかる。このことから熱処理の条件は、次式の成立する範囲内とした。

$$WHv \geq HAZHv + 20$$

但し WHv: 溶接金属のビッカース硬さ

HAZHv: 軟化域のビッカース硬さ

なおこの条件を満足する熱処理条件については、次のように規定することもできる。すなわち後熱処理が不適当だと、母材そのものも目的とするクリープ強度を確保できないという問題が生じる。したがって鋼種および溶接金属成分毎に適正熱処理条件は異なるが、溶接金属成分は、鋼種が決まれば韌性確保などの観点からほぼ鋼材の成分に近く若干合金成分を添加するのが常識であり、大きく成分が変えられるようなことはない。このことから鋼材の耐クリープ性、耐酸化性を考慮し、後述する実施例中の3鋼種について種々検討した結果

の試験結果である。本発明法による場合は、同一荷重ならば長時間側で破断している。すなわちEBW法の結果は、上記(作用)の中で説明した結果であり、鋼板表面に対するボンド角が70°以上、HAZ 幅が6mm以下および溶接金属(WH)と HAZ 軟化域の硬さの差 ( $\Delta Hv = WHv - HAZHv$ ) が20以上において、明らかに比較法よりも良好なクリープ強度が得られている。またTIG、MIG、SMAWにおいても、ボンド角を変えてクリープ試験を行った結果、本発明法においてはクリープ強度が改善されている。LBWにおいては、熱処理条件を変えて溶接金属と軟化域の硬さを変化させた結果を示しているが、この場合にも硬さの差が大きい方がクリープ強度は良好であった。

第1表 使用した鋼の化学成分 (wt%)

鋼種	C	Si	Mo	Cr	Mo	Rb	V
2-1/4Cr-1Mo	0.13	0.17	0.50	2.36	1.01	—	—
3Cr-1Mo	0.15	0.10	0.52	3.00	1.04	0.043	0.23
9Cr-1Mo	0.09	0.32	0.35	8.61	0.87	0.080	0.22

第2表 各溶接法の開先形状および溶接条件

溶接法	開先形状	溶接条件
電子ビーム溶接法 (EBW)	第6図aにおいて $\theta: 90, 80, 70, 60, 50$ $H: 3.5, 4.4, 6.0, 6.3,$ 7.0mm	ビードオンプレート溶接 板厚: 23mm 150kV, 100kA 10-40cm/min Oscillation: 0-4mm
TIG溶接法	第6図bにおいて $\theta: 90, 80, 60$	板厚: 25mm 入熱: 20kJ/cm 予熱: 150°C バスク: "
サブマージアーチ溶接法 (SAW)	第6図cにおいて $\theta: 80, 50$	板厚: 25mm 入熱: 40kJ/cm 予熱: 150°C バスク: "
手溶接法 (SMAW)	第6図dにおいて $\theta: 80, 50$	板厚: 25mm 入熱: 15-20kJ/cm 予熱: 150°C バスク: "
MIG溶接法	第6図eにおいて $\theta: 80, 60$	板厚: 25mm 入熱: 20kJ/cm 予熱: 150°C バスク: "
レーザー溶接法 (LBW)	第6図fにおいて $\theta: 90$	ビードオンプレート溶接 板厚: 6mm 10kW 2m/min

第3表 溶接金属の化学成分割 (wt%)

溶接法	9Cr-1Mo	Cr	Si	Mn	Cr	Mo	Nb	V
EBW	9Cr-1Mo	0.08	0.10	1.10	9.1	1.0	0.06	0.20
TIG	9Cr-1Mo	0.08	0.10	1.10	9.1	1.0	0.06	0.25
SAW	3Cr-1Mo	0.12	0.16	0.87	3.2	1.0	-	0.03
AMAW	2.1/4Cr-1Mo	0.11	0.22	0.76	2.2	1.0	-	-
MIG	3Cr-1Mo	0.10	0.20	0.60	3.0	1.1	-	-
LBW	9Cr-1Mo	0.09	0.30	0.32	8.5	0.85	0.07	0.21

第4表 クリープ試験結果

No	溶接法	HAZ幅 (mm)	ボンド角 (°)	$\Delta H_v$	クリープ荷重 (kgf/mm²)	破断時間 (hr)	破断位置	
1	EBW	3.5	90	40	14	2820	BM	本発明法
2	"	4.4	"	36	"	2657	"	"
3	"	6.0	"	35	"	2300	"	"
4	"	6.3	"	30	"	1363	HAZ	比較法
5	"	7.0	"	28	"	1215	"	"
6	"	3.5	80	38	"	2536	BM	本発明法
7	"	4.2	70	41	"	2012	"	"
8	"	4.5	60	37	"	916	HAZ	比較法
9	"	4.7	50	37	"	709	"	"
10	"	3.5	90	57	"	2620	BM	本発明法
11	"	"	"	20	"	2029	"	"
12	"	"	"	13	"	1247	HAZ	比較法
13	"	"	"	9	"	840	"	"
14	TIG	4.0	80	35	"	2308	BM	本発明法
15	"	4.5	60	34	"	1004	HAZ	比較法
16	SAW	4.4	80	28	20	1504	BM	本発明法
17	"	6.1	50	31	"	404	HAZ	比較法
18	SMAW	3.5	80	35	"	1701	BM	本発明法
19	"	3.7	50	30	"	556	HAZ	比較法
20	MIG	3.5	80	36	"	1920	BM	本発明法
21	"	3.9	60	33	"	628	HAZ	比較法
22	LBW	1.1	90	40	14	3981	BM	本発明法
23	"	1.1	"	15	"	790	HAZ	比較法

ボンド角: 鋼板表面と溶融境界のなす角度、 $\Delta H_v$ : 溶融金属の硬さ (ビッカース)

## (発明の効果)

以上の説明および実施例からも明かなごとく本発明法によれば、ボイラー、原子力容器などに使用される材料の溶接部に対して、クリープ強度が高く、かつ高温にて長時間使用可能な溶接継手部が得られ、その産業上の効果は極めて顕著なものがある。

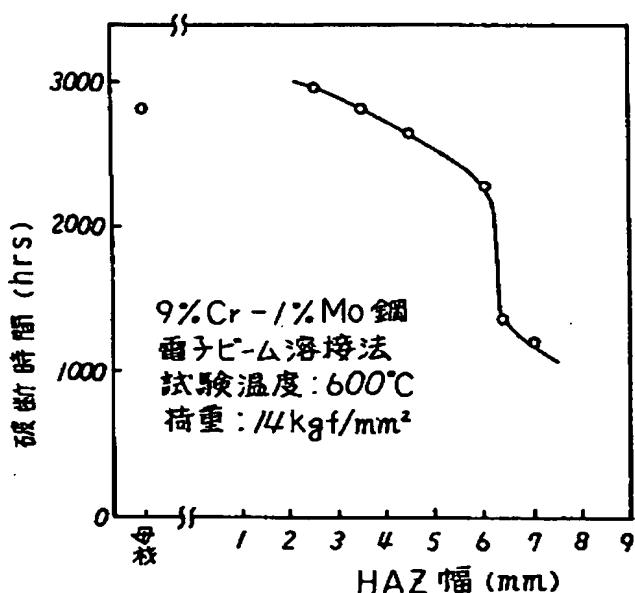
## 4. 図面の簡単な説明

第1図は溶接継手におけるクリープ破断時間と溶接部のHAZの幅の関係を示す図、第2図は溶接継手におけるクリープ破断時間と溶接ボンドと板表面とのなす角の関係を示す図、第3図(a)～(d)は溶接部の形状と破断の形態を示す模式図、第4図は溶接金属と軟化域の硬さの差および破断位置におよぼすテンバーバラメーターの影響を示す図、第5図は溶接金属とHAZ軟化域の硬さの差が20以下を満たすテンバーバラメーターの最大値とCr量の関係を示す図、第6図(a)～(f)は各種溶接法におけるそれぞれの開先形状を示す図である。

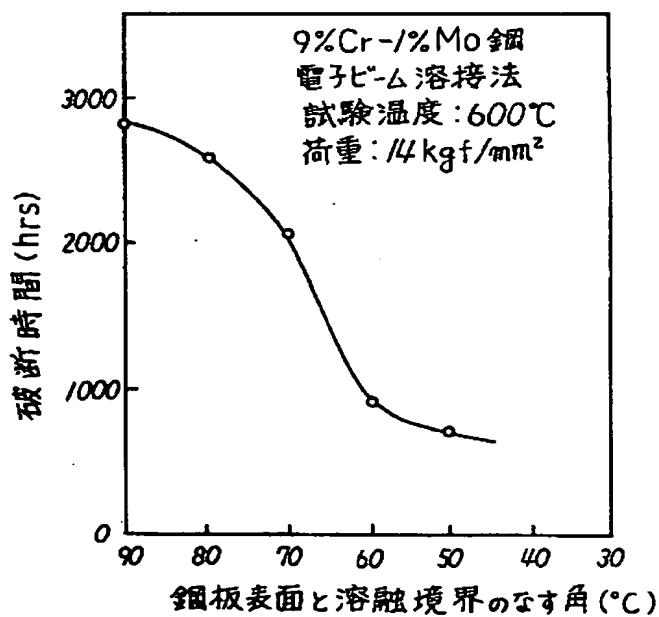
1 … 母材、2 … 溶接金属、3 … HAZ軟化域、  
4 … 転位スリップ面

代理人 弁理士 秋沢政光  
他1名

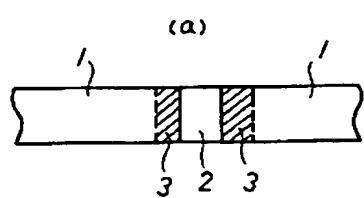
オ1図



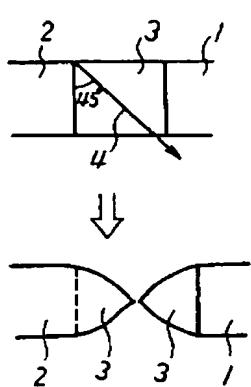
オ2図



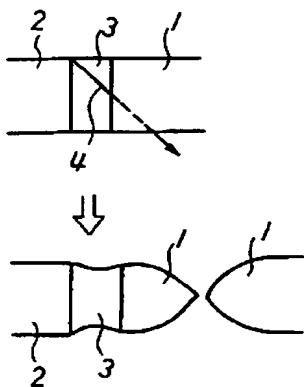
オ3 図



(b) HAZ軟化幅が広い場合

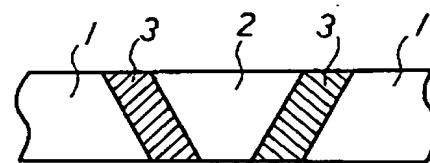


(c) HAZ軟化幅が狭い場合

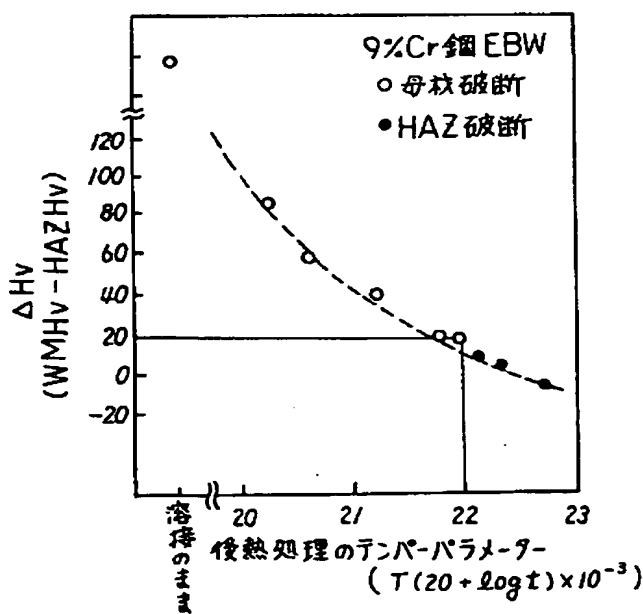


オ3 図

(d) HAZ軟化域が傾斜している場合



オ4 図



オ5 図

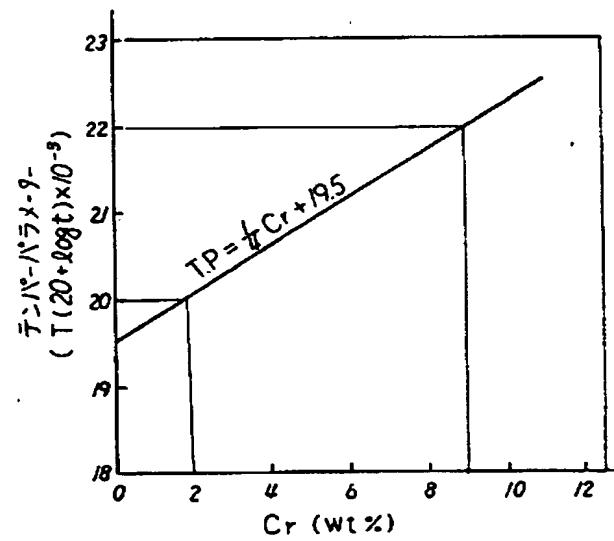
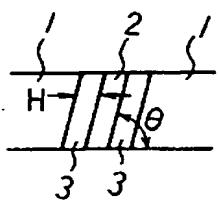
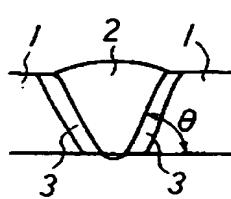


図6

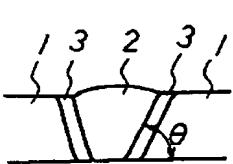
(a) EBW



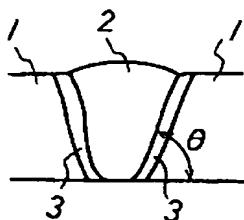
(d) SMAW



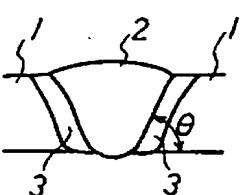
(b) TIG



(e) MIG



(c) SAW



(f) LBW

